FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1928

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Charles H.-C. DEVAUX

Né le 6 septembre 1895 à Lamarche (Vosges)

UN PROCÉDÉ NOUVEAU D'ACOUMÉTRIE

Recherche d'une unité d'intensité sonore

President : M. SEBILEAU, *Professeur*

CLAMART

Imprimerie " Je Sers "

197, Avenue Victor-Hugo

1928

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1928 **THÈSE** N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

H.-C. DEVAUX

Né le 6 septembre 1895 à Lamarche (Vosges)

UN PROCÉDÉ NOUVEAU D'ACOUMÉTRIE

Recherche d'une unité d'intensité sonore

President : M. SEBILEAU, *Professeur*

CLAMART

Imprimerie " Je Sers "

197, Avenue Victor-Hugo

1928

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE.
Anatomie médico-chirurgicale	CUNEO
Physiologie	ROGER.
Physique médicale	STROHL.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBE.
Pathologie médicale	SICARD
Pathologie chirurgicale	LECENE.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène	Léon BERNARD
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MENETRIER.
Pathologie expérimentale et comparée	RATHERY.
Clinique médicale	CARNOT. BEZANÇON. ACHARD. WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	DELBET. HARTMANN. LEJARS. GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	COULEVAIRE. BRINDEAU. JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Professeur sans chaire	ROUVIERE.
Professeur sans chaire	BRANCA.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.	
AMI	Pathologie médicale.
JOUANINE	Neurologie et psychiâtrie
ERTIN	Pathologie médicale.
SET	Pathologie chirurgicale.
DOUIN	Pathologie médicale.
ET	Physiologie.
NCHETIERE	Chimie biologique.
CQ	Pathologie chirurgicale.
LE	Pathologie médicale.
ENAT	Pathologie chirurgicale.
BROL	Pathologie médicale.
MPY	Histologie.
RAY	Pathologie médicale.
RC	Pathologie médicale.
RE	Hygiène.
NON	Physique.
IZELOT	Pathologie médicale.
OIR	Médecine légale.
LLE	Obstétrique.
SSINGER	Pathologie médicale.
NIER	Pathologie expérimentale.
ELLIER	Pathologie chirurgicale.
VIER	Pathologie médicale.
TZ-BOYER	Urologie.

MM.	
HOVELACQUE	Anatomie.
HUTINEL	Pathologie médicale.
JOYEUX	Parasitologie.
LABBE (HENRI)	Chimie biologique.
LARDENNOIS	Pathologie chirurgicale.
LEMAITRE	Oto-rhino-laryngologie.
LEROUX	Anatomie pathologique.
LEVY-SOLAL	Obstétrique.
LHERMITTE	Pathologie mentale.
LIAN	Pathologie médicale.
MATHIEU	Pathologie chirurgicale.
METZGER	Obstétrique.
MONDOR	Pathologie chirurgicale.
MOURE	Pathologie chirurgicale.
MULON	Histologie.
PHILIBERT	Bactériologie.
QUENU	Pathologie chirurgicale.
RICHET Fils	Physiologie.
SEZARY	Dermatologie et syphiligraphie.
VALLERY-RADOT (Pasteur)	Pathologie médicale.
VAUDESCAL	Obstétrique.
VELTER	Ophtalmologie.
VERNE	Histologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.	
JGEROT	Pathologie médicale.
NIOT	Obstétrique
MELIN	Obstétrique.
EUX	Obstétrique.

MM.	
RETTERER	Histologie.
TANON	Pathologie médicale.
ZIMMERN	Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

à titre permanent

MM.		MM.	
ALGLAVE	Clinique chirurgicale.	LEREBOULLET	Clinique médicale infantile.
AUVRAY	Clinique chirurgicale.	LERI	Clinique médicale.
CHEVASSU	Clinique chirurgicale.	MOCQUOT	Clinique chirurgicale.
LAIGNEL-LAVASTINE	Clinique médicale.	PROUST	Clinique chirurgicale.
LE LORIER	Clinique obstétricale.	SCHWARTZ	Clinique chirurgicale.
		VILLARET	Clinique médicale.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, agrégé	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY	Stomatologie.
CHAILLEY-BERT	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions emises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et que'lle n'eutend leur donner aucune approbation ni improbation.

A la mémoire du Caporal D.-G. DEVAUX
et de tous mes camarades
morts à la guerre.

« ... *leur souvenir, avec le temps, s'est*
« *creusé plus profond, comme un acide*
« *qui mord...* »

(Roland DORGELÈS.)

A mon Maître le Dr J.-M. LE MÉE

Témoignage imparfait de la profonde gratitude et de la vive affection que nous portons à notre Maître pour l'accueil si franc et si cordial que nous avons toujours trouvé auprès de lui, pour l'aide et les conseils éclairés qu'il nous a prodigués avec tant de sollicitude, et qui nous ont permis de mener à bien la tâche que nous nous étions imposée.

A MM. les Docteurs BRAULT,

de GAUDART D'ALLAINES,

avec notre vive reconnaissance.

A M. le Professeur SEBILEAU,

qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider cette thèse.

A mes Maîtres dans les Hôpitaux :

M. le Professeur HARTMANN,

M. le Docteur JACQUINET, Internat des Hôpitaux de Reims.

M. le Docteur POZZI,

M. le Docteur DE BOVIS,

M. le Docteur MORANGE,

M. le Docteur BOUVIER,

M. le Docteur DELATTRE

M. le Docteur SOULIGOUX, Externat des Hôpitaux de Paris.

M. le Docteur GUILLEMOT,

M. le Docteur LE MÉE,

M. le Docteur HAUTANT,

M. le Docteur BOURGEOIS.

A M. H.-C. BOHLE

Directeur du « Matériel Téléphonique »

pour l'obligeance avec laquelle il a mis à notre disposition tout ce qui était nécessaire à notre expérimentation.

A MM. R. PRENAT, Ingénieur I. E. N.

J. DELVAUX, Ingénieur E. S. E.

qui, avec une obligeance et une amabilité jamais démenties, nous ont fait profiter si largement de leurs connaissances techniques.

INTRODUCTION

Depuis longtemps, les médecins ont tenté de résoudre le difficile problème de « l'acoumétrie ».

Qui dit « métrie » sous-entend un terme de comparaison déterminé et admis de tous, une unité de mesure.

Malgré les efforts des chercheurs, aucune unité d'intensité sonore n'a pu être établie. A vrai dire, ceci se comprend aisément : les facteurs à considérer pour sa détermination sont incommensurables entre eux. Problème complexe, nous le voyons, appartenant au domaine médical, mais également du ressort du physicien. Il était donc nécessaire qu'une collaboration étroite existât entre eux.

Pendant des années, médecins et physiciens américains ont travaillé à résoudre le problème de l'acoumétrie instrumentale. Ils ont pu expérimenter à leur aise; tout ce qui, de loin ou de près, pouvait leur être nécessaire a été mis à leur disposition par les « Bell Telephone Laboratories ».

Les résultats auxquels ils sont arrivés, et surtout le principe de l'appareil qu'ils ont fait construire nous paraissent d'un grand intérêt.

L'introduction d'une unité d'audition fait que l' « Audiomètre 1 A » semble répondre aux désiderata.

Le but de notre thèse sera donc de décrire le principe de son fonctionnement et d'exposer les résultats que nous avons obtenus. Il semble répondre aux besoins des otologistes à la recherche d'une unité de mesure. Les renseignements fournis par l'appareil ont une précision instrumentale qu'il est difficile de mettre en doute. Les audiogrammes que nous pouvons tracer par ce procédé ont également une valeur diagnostique. C'est un élément de plus à ajouter aux autres. Nous ne prétendons pas établir un diagnostic sur la vue seule d'un audiogramme; mais nous croyons que celui-ci joue en otologie un rôle comparable à celui de la feuille de température en clinique générale.

Les mesures, en effet, sont absolument indépendantes de l'observateur. Le facteur personnel ne joue que pour le malade, et encore a-t-on essayé de le réduire au minimum. Disons-le dès à présent, le secret de cette précision réside dans le fait que l'énergie vibratoire est produite par un tube à vide analogue à ceux utilisés en T. S. F. Un ampèremètre et un voltmètre permettent à chaque instant de vérifier l'état de fonctionnement. L'observateur n'a pratiquement que deux boutons de réglage : fréquences-intensités, et une clé permettant d'examiner l'une après l'autre les deux oreilles.

La transmission du son se fait par un écouteur analogue à ceux du téléphone, mais construit spécialement pour éviter les phénomènes de résonance qui existent dans ces derniers pour certaines fréquences.

Cet appareil a été utilisé depuis trois ans aux Etats-Unis; notre Maître, le Dr Le Mée, au cours de sa récente mission, a eu l'occasion de le voir utiliser par de nombreux spécialistes.

Nous avons faît un grand nombre de mesures avec cet appareil. Sans vouloir en rien diminuer la valeur des renseignements précis qu'il nous a fournis, nous devons cependant dire qu'il a certaines imperfections.

Retenons l'essentiel : principe d'un audiomètre permettant une unité de mesure de l'acuité auditive.

La première réalisation semble avoir de gros avantages. Appareil permettant de mesurer l'audition avec une unité définie de façon rigoureuse. Mesure indépendante de l'observateur, du lieu et du méridien.

En clinique et tel qu'il a été réalisé, nous ne pouvons demander à l'appareil que deux choses :

Un chiffre précis et constant, du seuil d'audition pour toutes les fréquences élémentaires audibles.

Un audiogramme dont la forme peut aider au diagnostic.

Tel qu'il est, il reste surtout un instrument de recherches, dont la précision et la justesse peuvent être utiles à l'étude de la physiologie de l'audition.

Mieux adapté à la clinique, peut-être pourra-t-il un jour être modifié et devenir un appareil scientifique, utile à ceux dont l'ouïe est défectueuse; nous connaissons déjà en France trois appareils acoustiques actuellement en service.

En Amérique, où le « test » est poussé à un degré

inconnu de ce côté de l'Océan, il existe un appareil permettant, dans les écoles, d'examiner simultanément tous les enfants d'une classe.

Ainsi, nous le voyons, l'utilité de l'audiomètre en Amérique déborde le cadre clinique. Son champ d'action s'étend aux expertises imposées par les Compagnies d'Assurances sur la vie. Au cours des enquêtes médico-légales, il rend également de grands services.

Dans un premier chapitre d'historique, nous passerons en revue divers types d'acoumètres et d'audiomètres sans en faire une étude critique systématique.

Nous retiendrons seulement les appareils encore utilisés et, nous basant sur l'opinion des auteurs compétents, nous indiquerons les imperfections qui rendent ces appareils pratiquement insuffisants pour une mesure scientifique de l'audition.

Dans le but de rendre plus compréhensible la description de l'audiomètre, nous avons cru indispensable d'exposer tout d'abord le principe de fonctionnement de l'appareil, puis d'en expliquer les particularités importantes tant au point de vue théorique que pratique.

Nous nous excusons de la longueur de ces chapitres et surtout d'avoir été obligés de déborder le cadre purement médical. Il nous a paru nécessaire de rappeler certaines données physiques ou mathématiques sur lesquelles reposent le principe de fonctionnement de l'appareil et le tracé des courbes d'audition. Nous avons chaque fois essayé d'aplanir

les difficultés en faisant appel aux éléments, ou, quand cela a été possible, en décrivant un équivalent mécanique capable de mieux faire saisir certains phénomènes électriques.

Cet exposé, destiné à faire comprendre le principe d'un appareil destiné à des médecins, ne saurait avoir la rigueur scientifique d'une description s'adressant à des techniciens en électricité.

Le dernier chapitre, consacré à la description de l'appareil, sera suivi de quelques audiogrammes.

HISTORIQUE

Lorsqu'il s'agit de « mesurer » l'audition, ou d'évaluer après un certain temps l'audition d'un malade, nous ne le pouvons pas, ou tout au moins notre estimation manque de rigueur scientifique. Il y a une trop grande part d'interprétation personnelle. Il nous manque en effet « le moyen de mesure » mathématique. L'unité d'audition correspondant à l'unité « dioptrie » de l'opticien, personne encore n'a pu lui donner une définition précise. Aussi, divers otologistes ont-ils tenté d'exprimer la valeur de l'audition, en fonction du temps, de la distance, d'une énergie, et alors le plus souvent en fonction de l'intensité électrique.

Il ne peut entrer dans les limites de ce travail d'exposer le fonctionnement des divers appareils audiométriques. Les uns, très simples, souvent ingénieux, les autres plus compliqués. Ils sont si nombreux qu'ils se condamnent mutuellement de ce fait même.

Certains acoumètres donnent un son unique. De tous ceux imaginés par Itard, Wolke, Magnus, Lévy, seul celui de Politzer est pratique. Mais encore la percussion du diapason ut 4 n'a aucune valeur absolue, et, outre la nécessité d'avoir une série d'appa-

reils analogues pour divers diapasons, il faudrait une salle dont les dimensions sont en pratique irréalisables.

Deux appareils d'usage courant, mais déviés de leur but primitif, rendent des services incontestables en clinique : le sifflet de Galton et le monocorde de Struycken : ils sont encore utilisés pour interroger le champ auditif pour les fréquences élevées. Il ne vient cependant à l'idée de personne de les considérer comme un moyen de mesure précise; une pression impossible à mesurer sur la poire du sifflet, ou sur la corde, se traduiront par une intensité du son émis variant dans des proportions considérables. Quant au pendule de Kämpfe, aux verges vibrantes de König, aux soufflets d'orgue, au piano, et tant d'autres, ils sont aujourd'hui abandonnés. Presque tous ces acoumètres, à son unique ou multiple, permettaient d'apprécier l'audition d'une fréquence donnée en fonction de la distance, étant admis que l'intensité du son produit reste fixe. Or l'expérimentation physique prouve que la percussion (Politzer, Luce, Escat), la chute de la bille sur un diapason, tous ces moyens mécaniques, employés pour produire l'onde sonore, n'étaient pas suivis d'effets identiques à eux-mêmes.

La méthode optique par l'image de Gradenigo à six dentelures est ingénieuse et élégante, mais elle ne peut être appliquée qu'aux sons graves; et encore est-il difficile de déterminer l'instant précis de deux phases successives.

Avec les progrès de l'électricité, les chercheurs ont

construit des appareils capables de déterminer la limite inférieure de l'audition. La source sonore étant à une distance immuable de l'oreille, la variable étant le courant électrique.

Grand est alors le nombre des appareils.

Les plus simples produisent un son dont on peut faire varier l'intensité; ce son est ensuite transmis à l'oreille par un récepteur téléphonique qui est toujours à la même distance de l'oreille. Le rapport des intensités, de l'oreille malade à l'oreille normale, ou à celle de l'expérimentateur, donne le degré de perte d'audition.

D'autres appareils pouvaient produire plusieurs fréquences. Dans l'appareil de Gaiffe, plus complet que ceux de Hughes ou de Boudet, fréquence et intensité peuvent être réglées. L'on peut, pour une fréquence donnée, faire varier l'intensité; ou bien, à l'inverse, l'intensité restant fixe, faire varier la fréquence. Si le principe paraît séduisant, l'expérimentation montre qu'à l'erreur apportée par la résonance du récepteur téléphonique pour certaines fréquences, s'en ajoute une autre : l'intensité du son de cet instrument pour les diverses fréquences varie avec l'énergie du courant utilisé, faussant ainsi les mesures.

Les appareils plus complets de Tretrop et de Gradenigo ne paraissent guère plus précis.

Plus récemment, Marage a publié les résultats d'examens d'audition au moyen d'un acoumètre qu'il avait fait construire. Une sirène produit les sons OU-O-A-E-I. L'auteur a établi la relation qui

existe entre l'intensité de ces sons et la pression de l'air traversant l'instrument.

Nous ne pourrions, en ce qui concerne ces appareils, que reproduire ce que nous avons trouvé; mieux vaut donc prier ceux qui s'y intéressent de se reporter aux descriptions des auteurs. Nous ne pouvons, quant à nous, que conclure d'après nos lectures.

En somme, le peu de valeur clinique de tous ces appareils électriques est lié au fait que l'énergie vibratoire n'a pas toujours la valeur que l'on prétend lui donner; ceci peut être dû soit à une modification dans le régime de fonctionnement du générateur, soit au transmetteur lui-même.

THEORIE ELEMENTAIRE ET FONCTIONNEMENT DE L' « AUDIOMETRE ELECTRIQUE »

Pour n'être pas à l'abri des critiques, cet appareil n'en présente pas moins, au point de vue physique, une précision et une fidélité incontestables. Quand nous disons fidélité et précision, nous entendons par là que la plupart des facteurs d'erreurs des appareils antérieurs a été éliminée. Les résultats sont toujours identiques à eux-mêmes dans le temps, ou entre les mains d'expérimentateurs différents.

On nous objectera que l'usage de récepteurs fixés sur les oreilles favorise dans une certaine mesure la perception osseuse. Cette critique ne nous a point échappé. Nous avons essayé de supprimer cette transmission osseuse en recouvrant l'écouteur d'une couronne d'éponge de caoutchouc. La différence observée alors, avec ou sans l'isolant, est au maximum égale à 5 U. S., c'est-à-dire qu'au seuil d'audition indiqué par le potentiomètre, il faudrait ajouter 5 U. S., différence bien minime et sans importance pratique, d'autant qu'elle est invariablement fixe.

La manipulation de l'audiomètre est en effet des plus simples. Une infirmière un peu attentive est capable de faire elle-même un examen avec autant de précision que le médecin lui-même : ceci est d'une grosse importance, surtout si un examen complet, comprenant toute l'échelle des fréquences, est nécessaire. En effet, contrairement à la plupart des appareils antérieurs capables d'examiner l'audition pour un nombre très limité de fréquences, l'appareil que

nous avons expérimenté peut donner, avec une précision absolue, la valeur de l'audition pour tous les sons élémentaires purs, audibles, et en particulier ceux employés dans la conversation.

En pratique, il est difficile, pour ne pas dire impossible, de régler l'intensité d'un son, de l'accroître ou de le diminuer à volonté.

Il en va tout autrement de l'intensité d'un courant électrique dont un potentiomètre donne, par simple lecture, les variations. Or, grâce au dispositif analogue à celui du triode de T. S. F. (1), ce courant

(1) Théorie élémentaire de fonctionnement des lampes à 3 électrodes.

Une ampoule, dans laquelle on a poussé le vide jusqu'au millième de millimètre de mercure contient un *filament* en tungstène recouvert d'oxydes de barium, struntium, etc...

Une batterie d'accumulateurs de 4 à 6 volts porte le filament au rouge sombre, il dégage des électrons.

Une plaque en molybdène ou en nickel placée en face du filament, est reliée au pôle positif d'une batterie; son pôle négatif est relié au pôle négatif du filament.

Un ampèremètre, interposé dans le circuit *filament-plaque*, décèle le passage d'un courant.

Deux faits curieux :

le courant passe malgré la solution de continuité entre filament et plaque;

le courant est en sens contraire du sens habituel, il va du négatif (filament), au positif (plaque).

En fait, la coupure n'est qu'incomplète, les électrons quittant le filament se dirigent (négatifs) vers la plaque (positive). Plus le filament est chauffé, plus le courant filament-plaque est intense, tout au moins dans certaines limites.

En effet, en augmentant le nombre d'éléments de la batterie de plaque, l'ampèremètre indique d'abord une augmentation

est aisément transformable en onde vibratoire sonore, exerçant sur le tympan une pression variant avec l'intensité et avec la fréquence du courant électrique.

« Le fonctionnement de l'appareil repose sur la proportionnalité qui existe à fréquence constante, entre le courant circulant dans le récepteur et la pression produite par celle-ci dans un espace de dimensions données.

« Ajoutons, pour être complet, que cette propor-

du courant qui passe dans le circuit, mais arrive un moment où, les éléments de batterie croissant, le courant ne croît plus.

Si on renverse le courant, essayant de le faire passer de la plaque au filament (pour cela on rend la plaque négative par rapport au filament), l'ampèremètre tombe brusquement au zéro. On obtient le même résultat que si on cessait de chauffer le filament. (C'est là l'effet Edison.)

Ceci nous prouve que la lampe à 2 électrodes fonctionne comme une véritable valve, ne laissant passer le courant que dans un sens.

Intercalons maintenant, entre filament et plaque, un troisième électrode, la *grille*, également en molybdène.

Si elle est chargée négativement, aucun courant ne passera entre filament-grille; si elle est au contraire positive, le courant pourra passer.

Et, suivant son état, négatif, positif, ou neutre, c'est elle qui commandera le passage du courant filament-plaque.

Plus simplement, il est suffisant que le potentiel de la grille soit inférieur, supérieur ou égal à celui du filament, pour que le courant soit interrompu ou rétabli. Ces modifications de l'état de la grille peuvent se faire avec une rapidité considérable (au besoin 100 millions de fois par seconde).

C'est la grille qui possède la propriété de déceler, avec une grande délicatesse, les ondes ne laissant aller à l'écouteur que du courant continu. De plus, elle *amplifie* les ondes.

Nous possédons en effet un réservoir d'énergie relativement

tionnalité ne subsiste que jusqu'à une pression et un courant limites, mais reste entièrement vraie en ce qui concerne notre appareil. »

Si nous considérons deux sons de même fréquence mais ayant une intensité différente, les puissances mises en jeu dans les mêmes conditions sont proportionnelles aux carrés de pressions efficaces correspondantes.

Nous savons, par ailleurs, que la loi physiologique de Weber (2) s'applique plus exactement à l'oreille qu'à n'importe quel autre organe.

La sensation sur l'oreille, c'est-à-dire la pression, pour une fréquence donnée, est proportionnelle au logarithme de l'excitation. Cette proportionnalité nous servira tout à 'heure à déterminer *l'unité de sensation.* (U. S.)

Mais, pour plus de commodité, envisagons d'abord

puissant (la batterie de plaque). La plaque est le robinet de ce réservoir; si le courant est ouvert, la plaque est capable de recevoir les électrons du filament.

Si le montage est combiné de façon que le potentiel de la grille, par rapport à celui du filament, varie avec le chauffage de ce dernier, en un mot que ces variations aient exactement la valeur et la fréquence des oscillations du filament, la grille fonctionne alors comme un véritable pendule, ouvrant et fermant alternativement le robinet (plaque) du réservoir (batterie), exactement pendant le temps nécessaire et de la quantité qu'il faut. Suivant la façon dont le montage est fait, le triode fonctionnera en détecteur, en oscillateur, ou en amplificateur.

(2) Loi de Weber : relation constante entre la modification de l'excitation et l'excitation elle-même.

l'effet : la pression exercée sur le tympan; nous le pouvons aisément puisque, nous venons de le rappeler, il est lié d'une façon connue à la cause: le courant électrique.

Ceci va nous permettre d'établir, pour chaque fréquence de sons élémentaires purs, les seuils :

une limite inférieure : seuil d'audition;

une limite supérieure : seuil de sensation.

Nous savons que l'échelle des fréquences audibles s'étend de 32 périodes par seconde à 16.384 par seconde. La zone comprise entre 300 et 3.000 par seconde environ étant de beaucoup la plus utile dans la conversation; les fréquences au-dessus et au-dessous étant surtout utiles pour l'audition de la musique.

Les vibrations engendrées pour ces diverses fréquences se propagent jusqu'au tympan où elles se traduisent par une pression.

Par une succession d'examens, on est arrivé a déterminer la sensibilté de l'oreille pour chaque fréquence, c'est-à-dire que l'on a mesuré la valeur minimum « efficace » de variation de pression perçue par l'oreille.

Cette pression varie dans des proportions considérables pour les diverses fréquences. Elle est de :

3 dynes par cm^2 pour une fréquence de 32 périodes par seconde;

0,1 dyne par cm^2 pour une fréquence de 16.000 périodes par seconde.

Mais entre 1.000 et 4.000 périodes par seconde, elle n'est que de 0,0002 0,0001 dyne.

Les courbes tracées pour ces examens, faits dans les mêmes conditions, présentaient sensiblement la même forme. Leur moyenne fut adoptée comme étant le seuil d'audition d'une oreille fictive considérée comme « oreille normale ».

D'une façon analogue, on a pu déterminer le seuil de sensation, en faisant croître l'intensité pour une fréquence fixe; on arrive à un point où l'audition cesse, pour faire place à une sensation désagréable, douloureuse parfois, et pouvant être dangereuse si l'expérience était trop prolongée.

Rien n'est plus facile avec l'audiomètre, que de déterminer ces seuils pour une oreille quelconque. Chaque fois que nous mesurons, en clinique, la durée de perception d'un diapason, nous essayons en fait de déterminer ce seuil en fonction du temps. Le rapport entre le temps t de perception pour l'oreille examinée. et le temps T considéré comme durée normale de perception, nous permet d'évaluer l'acuité auditive. Cette mesure est grossière, et nous n'y attachons pas une valeur absolue; c'est une approximation qui peut nous éclairer sur le siège de la lésion, quand nous la complétons par l'examen de la transmission osseuse. Cependant les diapasons que nous utilisons en clinique n'ont pas, en général, « une durée de vibration à peu près constante, bien que le diapason soit frappé plus ou moins fort », notre examen manque de rigueur et les résultats des expérimentateurs seront très différents.

De plus, quand l'intensité du son produit par le diapason placé devant l'oreille décroît, il devient très difficile de déterminer de façon précise le moment où il n'est plus perçu; il faut interrompre, puis rétabi le son (éloigner puis rapprocher le diapason), l'oreille enregistrant plus aisément cette variation de pression.

Nous avons l'habitude de déterminer le seuil d'audition, en fonction du temps; c'est un moyen détourné pour exprimer l'intensité du son à ce seuil. Or, avec l'audiomètre, c'est précisément l'intensité du courant qui est le terme de comparaison. Ici, les causes d'erreurs que nous avons signalées dans l'examen fait avec les diapasons n'existent pas, l'intensité du courant se mesure rigoureusement, le chiffre que nous donne le potentiomètre est indépendant du manipulateur; c'est dire également qu'à des mois d'intervalle, la mesure aura la même valeur. Avec l'appareil que nous expérimentons nous ne pouvons déterminer cette valeur que pour l'audition aérienne, mais il existe également un appareil très simple pour la mesure de l'audition osseuse. Nous nous proposons de l'étudier dès qu'il aura été mis à notre disposition.

Pour déterminer l'intensité au seuil d'audition, on règle sur une fréquence déterminée 128 par exemple; si l'indice zéro du potentiomètre est placé en regrd de 128, nous nous touvons au seuil d'audition pour l'oreille fictive normale. Pour déterminer le seuil de l'oreille considérée, faisons tourner la manette afin d'augmenter l'intensité du courant

et de faire nettement reconnaître le son au malade. Sans avoir à parler, il nous signale qu'il entend, en pressant sur le bouton de signalisation qui fait allumer une petite lampe témoin placée sur l'audiomètre; en diminuant progressivement l'intensité, il arrive un moment où il serait difficile au malade de signaler s'il entend vraiment. C'est ici qu'intervient le rôle de l'interrupteur dont le médecin se sert pour couper et rétablir le courant, et rend possible l'établissement rapide du seuil (cet interrupteur peut également permettre de contrôler la sincérité des réponses.)

On lit sur le potentiomètre la graduation correspondant à la fréquence examinée. Cette graduation est en unités de sensations. En répétant cet examen pour les fréquences les plus intéressantes, à la fois pour l'oreille droite, puis la gauche, on aura déterminé de façon très précise la valeur auditive pour chacun des sons élémentaires purs.

Nous venons d'établir le seuil d'audition pour les sons élémentaires purs.

Nous avons vu que le courant produit par le triode était trnsformé par le récepteur en sons. Nous avons choisi un courant électrique à cause de sa maniabilité, de sa mesure facile, mais ceci ne va pas sans inconvénient auquel il a fallu remédier. En effet, la production d'un son s'accompagne, ici comme ailleurs de la production d'harmoniques.

Dans la construction de l'appareil que nous étudions, les harmoniques sont, soit produites dans le premier triode, et ampifiées par le second triode, soit

seulement produites par le récepteur. Ces harmoniques seraient gênantes pour les basses fréquences.

Au seuil d'audition à la fréquence 32 v. d. correspond, nous l'avons vu, une pression de 3 dynes par cm^2. Celui de l'harmonique à 64 v. d. correspond à une pression de 0,25 dynes par cm^2. Il faut donc que l'amplitude de l'harmonique soit inférieure au dixième de celle de la fondamentale.

Sans entrer dans des explications d'ordre purement physique et intéressantes pour la construction de l'appareil, disons simplement que le circuit du tube à vide (le triode) comporte un dispositif suprimant les harmoniques (filtre électrique).

D'autre part, nous savons que dans les récepteurs téléphoniques ordinaires, la membrane présente des résonnances très marquées pour certaines fréquences. C'est en ne tenant pas compte de ces phénomènes que tous les appareils antérieurs, transmettant le son par ce procédé, le déformait, faussant considérablement les résultats obtenus sur ces fréquences. On a donc construit un récepteur spécial, dont la courbe de sensibilité, en fonction de la fréquence, ne présente plus de points sensibles, et dont l'étalonnage a été réglé très exactement.

Nous avons dit précédemment que les courbes des seuils, tracées pour des centaines d'examens faits dans les mêmes conditions, étaient sensiblement les mêmes.

Il nous faut maintenant envisager comment établir un graphique de lecture facile et permettant une appréciation rapide du degré d'audition.

Les deux varibles sont : fréquence, pression.

Quelle échelle convient-il de prendre pour chacune de ces variables? Nous avons le choix entre deux échelles de fréquence :

a) L'une dans laquelle, à des intervalles égaux du graphique, correspondent des intervalles arithmétiques de la fréquence;

b) L'autre dans laquelle, à des intervalles égaux du graphique, correspondent des intervalles logarithmétiques (1) de la fréquence.

L'échelle musicale est le type de cette dernière.

Or, il est de toute importance qu'une échelle uniforme de fréquence soit adoptée, et qu'il existe une relation simple entre les différentes parties de la courbe, sans quoi l'interprétation de la courbe deviendrait très ardue, sinon impossible. Les modifications de hauteur du son, se rapprochant beaucoup plus des intervalles musicaux que des inter-

(1) D'une façon générale, on peut définir le logarithme de la façon suivante; considérons deux progressions :

l'une *géométrique* de premier terme 1 et de raison q;

l'autre *arithmétique* de premier terme 0 et de raison r;

inscrivons ces progressions en les faisant correspondre terme à terme, le 0 correspondant à 1, on obtient les deux progressions :

$\frac{1}{q^n}$	$\frac{1}{q^3}$	$\frac{1}{q^2}$	$\frac{1}{q}$	1	q	q^2	q^3	q^n
$-nr$	$-3r$	$-2r$	$-r$	0	r	2r	3r	nr

Par définition, on appelle logarithme d'un des termes de la

valles égaux de fréquence, il était donc logique d'adopter l'échelle musicale.

En ce qui concerne l'échelle des pressions, l'on a également été amené à adopter une échelle logarithmique, c'est-à-dire qu'à des intervalles égaux du graphique correspondent des intervalles logarithmiques de la pression. Mais la variable de l'appareil est l'intensité. Nous avons dit que pour deux

progression géométrique, le terme correspondant de la progression arithmétique.

On appelle base d'un système de logarithmes, le nombre qui, dans ce système, admet l'unité comme logarithme.

Le système de logarithmes usuels a pour base 10. Les deux progressions s'écrivent :

$\frac{1}{10n}$	$\frac{1}{1.000}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{10}$	1	10	100	1.000	10n
n	— 3	—2	—1	0	1	2	3	n

ce qui veut dire que :

log. 1 = 0 log. $\frac{1}{10} = -1$

» 10 = 1 » $\frac{1}{100} = -2$

» 100 = 2 » $\frac{1}{1.000} = -3$

» 1.000 = 2 » $\frac{1}{10n} = -n$

» 10n = n

sons de même fréquence, mais d'intensités différentes, les puissances mises en jeu sont proportionnelles aux carrés des pressions « efficaces ». C'est dire que, quelle que soit la pression initiale p produite par une intensité i, si nous voulons obtenir une pression $\frac{P}{p}$ dix fois plus grande, il faudra mettre en jeu une intensité

$$\frac{I}{i} = 10^2$$

Si donc, au lieu de porter en ordonnées des pressions

$$p \quad p_1 \quad p_2 \quad p_3$$

nous voulons figurer l'intensité, il faudra que les valeurs correspondantes

$$i \quad i \quad i_2 \quad i_2$$

soient en valeur absolue.

$$\begin{aligned} i &= p^2 \\ i_1 &= p_1{}^2 \\ i_2 &= p^2{}_2 \\ i_2 &= p^3{}_2 \end{aligned}$$

ceci sera également une échelle logarithmique.

Reste maintenant à voir comment des puissances, intensité ou pression, sont liées à ce que nous avons appelé unité de sensations (U. S.).

Disons dès maintenant que ce n'est pas une unité absolue, mais une unité relative, c'est-à-dire qu'elle

est un rapport de puissances. D'une façon générale, elle peut être formulée :

$$U\ S = K \log. \frac{E_1}{E_2}$$

K étant une constance de valeur 10, si l'énergie E_1 et E_2 est exprimée en intensité du courant électrique.

Au contraire K = 20 quand E_1, E_2 représentent des pressions en dynes par centimètre carré.

Le coefficient 2, entre les deux valeurs de K, se comprend aisément du fait de ce que nous avons déjà dit : la pression varie comme le carré de l'intensité (en effet log. E^2 = 2 log. E).

Il nous est maintenant aisé de tracer (fig. 1) les deux courbes des seuils.

A l'intérieur de ces deux courbes sont marquées deux zones correspondant aux fréquences les plus employées dans la conversation. La région la plus ombrée étant des deux la plus utilisée.

Pour si exacte que soit cette représentation graphique, un audiogramme ne serait pas de lecture aisée; il serait difficile de se rendre compte par un examen rapide du degré de perte d'audition. Imaginons la courbe inférieure, celle des seuils d'audition redressée et devenant une droite, par compensation la courbe des seuils de sensation sera beaucoup plus marquée.

Or, nous le verrons tout à l'heure en décrivant l'appareil, le 0 du potentiomètre correspond pour chaque féquence au seuil d'audition. Représentons

Fig. 1, p. 32.

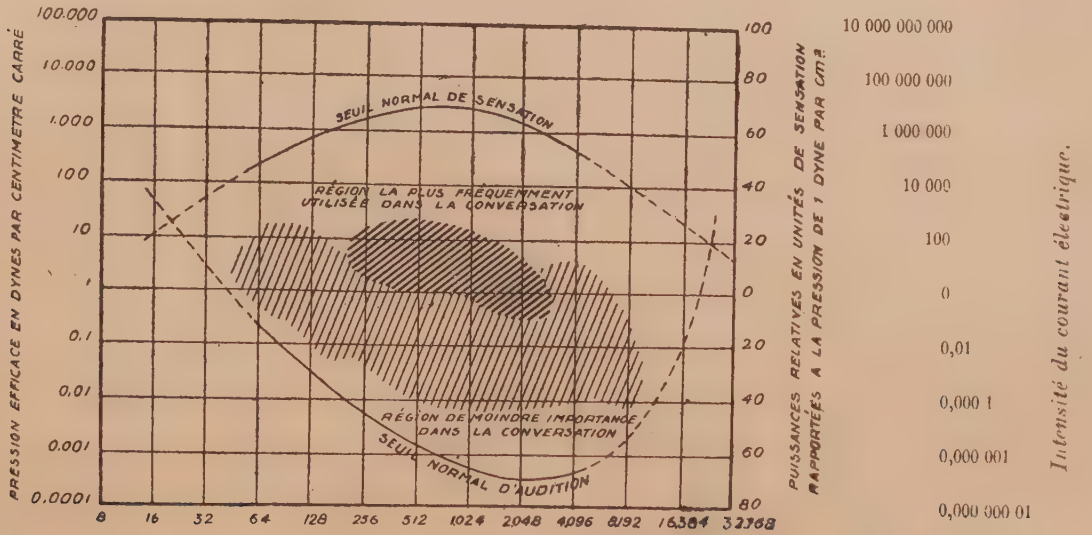


DIAGRAMME DE L'OREILLE NORMALE

par une droite *xy* cette valeur minima de l'intensité pour chaque fréquence. Comme précédemment à des intervalles égaux du graphique, portons les différentes fréquences et élevons en ces points des perpendiculaires. Inscrivons sur chacune des perpendiculaires les valeurs *ab, cd, ef, st, uv,* représentant pour chaque fréquence la distance entre le seuil d'audition et le seuil de sensation. Nous aurons maintenant un graphique permettant un tracé et une lecture plus facile.

En effet, si nous réunissons les points *b, d, f... t, v,* nous aurons ainsi tracé la courbe des seuils de sensation.

Si grâce au potentiomètre nous augmentons l'intensité du courant, de façon à atteindre les différentes valeurs correspondant à *b, d, f... t, v,* nous pourrons dire que ce malade a 100 % de perte d'audition. D'une façon générale, il sera très aisé de déterminer le pourcentage de perte d'audition par le rapport entre le chiffre indiqué par le potentiomètre et celui correspondant à l'écart entre les deux seuils pour la fréquence considérée.

Par exemple, pour 64 vibrations, cette dernière valeur est égale à 60 U. S. Si pour l'oreille examinée le potentiomètre indique 20 U. S., la perte d'audition est égale à

$$\frac{20}{60} = \frac{1}{3}$$

c'est-à-dire environ 33,5 pour cent.

AUDIOMETRE 1-A

Description. — L'Audiomètre 1-A se compose essentiellement des éléments suivants :

a) Un *oscillateur,* appareil destiné à produire des courants oscillants de fréquence vibratoire connue et réglable selon les besoins de l'examen;

b) Un *potentiomètre,* appareil destiné à affaiblir, dans un rapport connu, le courant provenant de l'oscillateur;

c) Un *récepteur téléphonique* spécial, appliqué sur l'oreille, et destiné à transformer en sons les courants qu'il reçoit de l'oscillateur, après réglage de ceux-ci par le potentiomètre;

d) Divers accessoires qui se répartissent ainsi :

1° *Appareils de mesure* servant à contrôler le fonctionnement de l'oscillateur et à le maintenir dans les conditions voulues pour assurer l'exactitude des mesures.

2° Un *interrupteur,* mis à la disposition du praticien pour interrompre le courant à l'insu du malade, donc de contrôler sa sincérité.

3° Un *signalisateur* constitué par une lampe électrique et une bouton poussoir, qui permet au patient de signaler l'absence ou la présence d'audition sans avoir à parler.

e) Des *sources de courant destinées* à faire fonction-

ner l'oscillateur. Elles comprennent une batterie d'accumulateurs de 6 volts, une batterie de piles sèches de 130 volts, et une batterie de piles sèches de 9 volts.

Il paraît utile, pour mieux faire comprendre le fonctionnement de l'appareil, d'examiner plus en détail chacun de ses constituants.

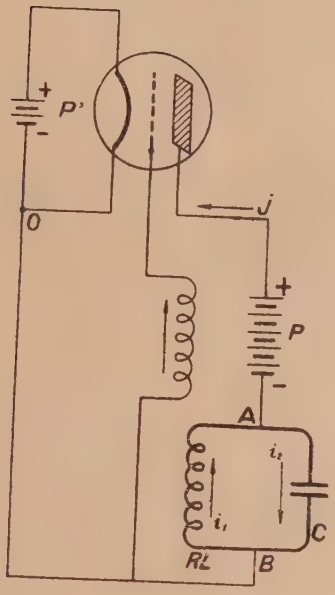
A) Oscillateur. — Le générateur d'oscillations utilisé dans l'audiomètre est d'un type semblable à ceux de T. S. F. Il utilise les propriétés des lampes à trois électrodes (appelées encore triodes) le schéma d'un tel oscillateur est donné figure 2.

Il se compose en principe d'une lampe à trois électrodes représentée en V, d'une bobine à noyau de fer portant deux enroulements RL et d'un condensateur C.

Pour expliquer le fonctionnement d'un tel système, il vaut mieux recourir à son équivalent mécanique constitué par un balancier de montre, son ressort spiral et l'échappement. Le fonctionnement du balancier est le suivant, en négligeant provisoirement l'échappement :

Supposons le mécanisme au repos, écartons le balancier de sa disposition d'équilibre : pour cela, nous aurons à vaincre la résistance du ressort; à ce moment, abandonnons le balancier : le ressort spiral le fera revenir vers sa position de repos, mais, par suite de l'inertie du balancier, celui-ci étant

Fig. 2, page 30.



lancé dépassera sa position d'équilibre. Toutefois, à partir de ce moment, le ressort tendra à ralentir le mouvement et il arrivera un instant où le balancier s'arrêtera puis repartira en sens inverse. Il dépassera encore la position d'équilibre, il atteindra le point d'arrêt opposé au premier et repartira encore dans le sens du premier mouvement, et ainsi de suite. Mais on constate qu'à chaque oscillation le balancier va moins loin, et, au bout d'un temps plus ou moins long, il s'arrêterait complètement.

C'est pour « entretenir » les oscillations que l'on a ajouté l'échappement qui, déclenché par le balancier lui-même, lui communique à chaque oscillation une impulsion suffisante pour rétablir le fonctionnement normal. Par ce moyen, les oscillations se maintiennent indéfiniment à une amplitude constante.

On voit que la fréquence des oscillations, c'est-à-dire le nombre d'oscillations complètes qui se produisent par seconde, ne dépend que de l'élasticité du ressort et de l'inertie du balancier.

Plus le ressort est dur, et plus il ramènera rapidement le balancier, donc plus les oscillations seront rapides et la fréquence grande (ou élevée).

Inversement, plus le balancier sera lourd et plus il sera lent à se mettre en mouvement, donc plus la fréquence sera petite (ou basse).

Si nous retournons au circuit électrique, la bobine à noyau de fer constitue un « volant électrique » analogue au balancier « volant mécanique ». Le condensateur C constitue un « ressort électrique »

analogue au « ressort mécanique » qu'est le spiral. Le triode V (lampe à 3 électrodes de T. S. F.) est un « échappement électrique » qui joue le même rôle que « l'échappement mécanique » de la montre.

On sait qu'un triode tel que V comprend :

un *filament* chauffé par le passage d'un courant électrique, qui émet des particules d'électricité appelées électrons;

une *plaque* portée à un potentiel élevé (130 volts) par rapport au filament, de façon à recueillir les électrons émis par celui-ci. Du fait du passage de ces électrons, il s'établit entre plaque et filament un courant électrique, bien que l'ampoule soit vide d'air et qu'il n'y ait dans cette ampoule aucune communication métallique entre la plaque et le filament;

une *grille*, intercalée sur le passage des électrons entre la plaque et le filament, règle le nombre d'électrons recueillis par la plaque, donc l'intensité du courant qui circule dans le circuit AB.

Ceci posé, le fonctionnement du système s'explique aisément par comparaison avec celui du mouvement de montre.

Les oscillations électriques du circuit P^4 (bobine à noyau de fer analogue au balancier) et C (condensateur analogue au ressort spiral) agissent par l'enroulement sur la grille G; celle-ci déclenche dans le circuit de plaque des impulsions électriques qui « entretiennent » les oscillations électriques du cir-

cuit P C, de même que les impulsions mécaniques de l'échappement « entretenaient » les oscillations mécaniques du système balancier-spiral.

De même également que la fréquence (nombre d'oscillations par seconde) du système mécanique, était déterminée par l'inertie du balancier et l'élasticité du ressort, de même la fréquence du système électrique est déterminée par l'inertie électrique (appelée self-induction) de la bobine L et l'élasticité électrique (indiquée par la capacité) du condensateur C.

En fait, pour montrer l'extraordinaire souplesse de la lampe à 3 électrodes comme générateur d'oscillations, il a été possible, par un choix convenable des éléments L et C, obtenir des fréquences allant de une oscillation par seconde environ jusqu'à plus de 1.000 millions d'oscillations par seconde.

Dans l'audiomètre 1-A, un commutateur à 20 plots permet de réaliser vingt combinaisons de bobine L et de condensateur C qui permettent d'obtenir les vingt fréquences suivantes :

32	45	64	90	128	181	256
362	512	724	1.024	1.448	2.048	2.896
4.096	5.692	8.192	10.321	13.004	16.384	périodes par seconde.

Il est très important de vérifier que le courant circulant dans le circuit L-C conserve une intensité constante, sous peine de fausser les mesures. L'expérience a prouvé qu'il était nécessaire et suffisant de main-

tenir l'état électrique des sources de courant entre certaines limites. Ce contrôle est effectué par les

Appareils de mesure suivants :

un *voltmètre* qu'un commutateur permet de relier,

a) à la batterie de plaque (l'indication du voltmètre doit être comprise entre 110 et 135 volts);

b) à la batterie de grille (l'indication du voltmètre doit être comprise entre 7,5 et 9 volts);

un *ampèremètre* placé sur le circuit de chauffage du filament : son aiguille doit être maintenue entre 1,9 et 2,0 ampères. Un rhéostat de réglage du courant permet de satisfaire à cette condition.

Les oscillations électriques produites par le triode V dans le circuit L-C sont transmises à un seconde triode identique, mais dont les circuits électriques sont disposés de façon à le faire fonctionner en amplificateur, c'est-à-dire qu'il transmet ces courants sans les déformer, mais en augmentant leur intensité.

B) Potentiomètre. — Le potentiomètre est un appareil intercalé entre le générateur d'oscillations (qui fournit un courant d'intensité constante) et le récepteur téléphonique (où il est nécessaire de faire varier le courant dans de grandes limites, mais tout en connaissant exactement dans quelle proportion on réduit ce courant).

La commande de ce réglage de l'intensité est

effectuée au moyen d'un cadran gradué en unités de sensation dont la signification sera exposée plus loin.

Il suffit de savoir que le potentiomètre permet de régler au point voulu l'intensité du courant qui circule dans le récepteur téléphonique.

C) Récepteur téléphonique spécial. — C'est un appareil destiné à transformer en sons les courants qui lui sont fournis.

L'expérience quotidienne du téléphone permet aisément de saisir le fonctionnement du récepteur téléphonique. Tout le monde a pu constater que le passage dans un récepteur téléphonique d'un courant vibratoire d'une fréquence donnée produit un son ayant la même fréquence (qui caractérise la hauteur du son pur) et une intensité proportionnelle à celle du courant qui circule dans le récepteur téléphonique.

C'est sur ce fait fondamental qu'est basé l'audiomètre; alors que, dans les mesures au diapason par exemple, les vibrations décroissent selon une loi sur laquelle on n'a pas d'action, dans l'audiomètre, l'intensité du son peut être fixée à la valeur désirée simplement en agissant sur l'intensité du courant qui circule dans le récepteur, intensité qui est réglée par le potentiomètre. L'intensité du son peut être maintenue invariable pendant le temps désiré, augmenté ou diminué dans la proportion voulue selon toute loi que l'on choisira, ce qui procure à l'audiomètre une souplesse considérablement supérieure à celle des mesures purement mécaniques.

Incidemment, tout usager du téléphone a pu constater que les récepteurs téléphoniques usuels présentent des « résonances » marquées qui font que certaines notes sont beaucoup mieux transmises que d'autres. Cette particularité, qui ne gêne pas la conversation téléphonique, risquerait de fausser gravement les mesures d'audition.

C'est pourquoi le récepteur téléphonique de l'audiomètre a été construit de façon spéciale, afin d'étouffer ces résonances et d'assurer une transmission uniforme de tous les sons.

Dans le récepteur téléphonique, l'élément producteur du son est la membrane qui successivement attirée et lâchée par le système électrique, entre en vibrations, a la même fréquence vibratoire que celle du courant circulant dans le récepteur téléphonique.

Les déplacements de la membrane, agissant sur le volume d'air limité par le conduit auditif, le tympan et le récepteur téléphonique, lui fait subir des alternatives de compression et de dépression par rapport à la pression moyenne qui est la pression atmosphérique. Ces variations de pression, dont la fréquence est la même que celle des déplacements de la membrane, et que l'on désignera par « pression efficace », agissant sur le tympan, l'oreille moyenne est transmise à l'oreille interne.

Cette « pression efficace » caractérise l'intensité du son et constitue la mesure logique de celle-ci. Elle sera évaluée en unités physiques de pression, c'est-à-dire en dynes par centimètre carré. On sait

que la pression atmosphérique vaut environ un million de dynes par centimètre carré.

Or, la figure 1, qui trace la courbe de sensibilité de l'oreille aux sons des différentes fréquences, permet de constater que dans la région de plus grande sensibilité (entre 500 et 4.000 vibrations par seconde), l'oreille normale est sensible à des variations de pression (pression efficace), inférieures à un millième (0,001 dyne) de dyne par cm^2. Par contre, pour trente-deux vibrations par seconde, il faut que la pression efficace soit au moins trois dynes par cm^2 pour qu'il y ait audition.

Sur cette même figure, on remarquera que les « échelles » employées pour représenter les fréquences vibratoires (nombre de périodes ou de vibrations par seconde) et pour représenter les pressions sont particulières.

En ce qui concerne l'échelle des fréquences, on voit que des intervalles musicaux égaux (octave, quinte, etc...) sont représentés par des longueurs égales; or, un intervalle musical est caractérisé par le *rapport* entre les fréquences vibratoires des deux notes considérées.

De même, en ce qui concerne l'échelle des pressions, on voit que les points marqués respectivement 1 et 10 dynes par cm^2 (rapport égal à 10) sont séparés par le même intervalle que les points marqués 0,001 et 0,0001 dyne par cm^2 (rapport égal à 10).

De telles échelles sont dites « échelles logarithmiques ». Une définition simple du logarithme est la suivante :

A chaque nombre quel qu'il soit, on fait correspondre un autre nombre appelé son logarithme. Nous savons que le logarithme d'un *produit* de deux nombres est égal à la *somme* des logarithmes de ces nombres. Le logarithme du *quotient* d'un nombre par un autre est égal à la différence des logarithmes de ces nombres.

D'après ce qui précède, l'on voit que le logarithme du nombre 1 doit être égal à 0. En effet, quand on *multiplie* un nombre N par 1, on doit *ajouter* au logarithme de N (qui s'écrit log. N) le logarithme de 1.

Or le produit est égal à N

$$N \times 1 = N$$

$$\log. N + \log. 1 = \log. N$$

donc : $\log. 1 = 0$

Les logarithmes sont commodes, car ils remplacent les multiplications et les divisions effectuées sur les nombres par les additions et soustractions effectuées sur les logarithmes de ceux-ci.

Il existe des tables qui donnent pour chaque nombre le logarithme correspondant.

On peut voir également que, étant donné un système de logarithmes, il est possible d'obtenir un autre système de logarithmes en multipliant *chacun* des logarithmes du premier système par un nombre quelconque.

On appelle *base* d'un système de logarithmes le nombre dont le logarithme est 1.

On voit que le fait de multipier tous les loga-

rithmes d'un système par un nombre donné revient à changer la base de ce système.

Les *logarithmes usuels ont pour base* 10, c'est-à-dire que le logarithme de 10 est égal à 1,0. Par suite log. 100, c'est-à-dire le logarithme de 10×10 sera log. 100 = log. 10 + log. 10 = 1,0 + 1,0 = 2,0. De même log. 1.000 = log. 100 + log. 10 = 2,0 + 1,0 = 3,0.

Voici quelques-uns des logarithmes usuels :

— nombre	1	2	3	4	5	8	10
— lagarithme décimal	0	0,3	0,48	0,6	0,7	0,9	1,0

Nous retiendrons de ceci que les logarithmes sont un moyen commode d'exprimer le *rapport* de deux quantités (*quotient* d'une quantité par l'autre)

UNITES DE SENSATION

On appelle ainsi un système particulier de logarithmes servant à représenter commodément les énergies vibratoires.

Etant donné deux énergies vibratoires E_1 et E_2, on dit qu'elles sont séparées par un nombre d'unités de sensation (U. S.) égal à dix fois le logarithme décimal du rapport

$$\frac{E_1}{E_2}$$

Voici à titre d'exemple un tableau de quelques valeurs usuelles du rapport

$$\frac{E_2}{E_1}$$

port $\frac{E_2}{E_1}$ =	1	2	4	5	10	40	100	1.000
rithme déci-mal	0	0.3	0.6	0.7	1.0	1.6	2.0	3.0
ore d'unités de sensation	0 U.S.	3 U.S.	6 U.S	7 U.S.	10 U.S.	16 U.S.	20 U.S.	30 U.S.

D'autre part, supposons un régime vibratoire caractérisé par une certaine « pression efficace ». Modifions les conditions de fonctionnement de façon à décupler la valeur de cette pression. Lorsque cela sera réalisé, la *force* agissant sur les molécules d'air sera décuplée, donc les déplacements de ces molécules d'air seront également décuplées.

Mais on sait que l'énergie est égale au produit de la force par le chemin parcouru, par conséquent lorsque nous aurons décuplé la pression efficace, nous aurons multiplié par 100 l'énergie vibratoire.

Reprenons la figure 1 représentant la sensibilité de l'oreille pour les sons des différentes fréquences Sur l'échelle des pressions nous avons (à gauche de la figure) :

n efficace en s par cm2 :	0.0001	0.001	0,01	0.1	1	10	100	1.000
e de cette pres- à la pression dyne par cm2 :	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{1}{1.000}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1}$	1	10	100	1.000

Rapport correspondant d'énergie vibratoire	1 / 100.000.000	1 / 1.000.000	1 / 10.000	1 / 100	1	100	10.000	1.000.000
Ce même rapport exprimé en U. S.	— 80	— 60	— 40	— 20	0	+ 20	+ 40	+ 60

Ce sont ces nombres de U. S. qui sont portés sur l'échelle de droite.

Pour éviter toute erreur, il faut insister sur le point suivant : *la pression prise comme base peut être quelconque;* c'est tout à fait arbitrairement qu'elle a été ici choisie à 1 dyne par cm².

Nous aurions pu la fixer à 0,0004 dyne par cm² et nous aurions eu dans ce cas :

Pressions efficaces en dynes par cm2	0,0001	0,0004	0,001	0,01	0,1	1	10	100
Rapport de cette pression à la pression de base	1/4	1	2,5	25	250	2.500	25.000	250.000
Rapport correspond. d'énergie vibratoire	1/16	1	6,25	625	62.500	6.250.000	625.000.000	625.000.000.000
Ce même rapport exprimé en U.S.	— 12	0	8	28	48	68	88	108

On voit que, et c'est l'essentiel, les nombres de U. S. correspondant à deux pressions respectivement

décuplées l'une de l'autre, diffèrent encore de 20 U. S.

De même on aurait :

ssions efficaces en nes par cm2 :	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10	100
port des énergies atoires rapporté à pression base de : 0,0001 dyne par cm2	0	20	40	60	80	100	120
0,002 » » »	—26	—6	14	34	54	74	94
0,01 » » »	—40	—20	0	20	40	60	80
0,05 » » »	—54	—34	—14	6	26	46	66
8 » » »	—98	—78	—58	—38	—18	2	22

Etc...

Ces exemples, qu'on pourrait multiplier à l'infini, montrent que le choix de la pression de base est arbitraire et que, *à deux pressions qui sont dans un* RAPPORT *donné correspond une* DIFFÉRENCE *constante des nombres d'unités de sensation.*

En particulier, dans les « audiogrammes » relevés au moyen de l'audiomètre, LA PRESSION DE BASE EST FIXÉE, POUR CHAQUE VALEUR DE LA FRÉQUENCE VIBRATOIRE, AU SEUIL D'AUDITION DE L'OREILLE NORMALE.

Soit une oreille malade qui, à une fréquence déterminée, n'entend que si la pression efficace est 315 fois celle correspondant au seuil de l'oreille normale, c'est-à-dire que l'énergie vibratoire fournie à

cette oreille doit être $315 \times 315 =$ sensiblement 100.000 fois celle qui suffirait à l'oreille normale. Ce rapport exprimé en U. S. est égal à 50 U. S. L'oreille examinée sera dite, à la fréquence considérée, inférieure à l'oreille normale de 50 U. S. L'audiomètre est gradué de façon à indiquer directement en U. S. la différence entre l'oreille examinée et l'oreille normale.

Dans ce but, à chacune des 20 fréquences correspond un repère placé de telle sorte que lorsque le zéro du cadran du potentiomètre est en face de celui-ci, l'intensité sonore dans le téléphone est exactement celle correspondant au seuil d'audition de l'oreille normale.

Si l'oreille examinée est déficiente, il faudra, pour obtenir l'audition, faire passer un courant plus intense dans le récepteur : on obtiendra ce résultat en tournant le cadran du potentiomètre dans le sens convenable. On lira, toujours en face du repère correspondant à la fréquence sur laquelle se fait l'essai, la proportion (exprimée en U. S.) dans laquelle on aura augmenté l'énergie vibratoire du son pour qu'il puisse être perçu par le patient. Le nombre d'unités de sensation (U. S.) qui sera lu dans ces conditions constituera une mesure de la surdité.

Inversement il peut se faire que l'oreille examinée soit plus sensible sur certaines fréquences que l'oreille normale. Dans ce cas, la différence entre ces deux oreilles sera exprimée par un nombre négatif d'unités de sensation (— 5 U. S.: — 15 U. S : — 20 U. S. etc...).

Il est possible de relier simplement les mesures faites au moyen de l'audiomètre à celles faites au moyen des diapasons.

L'intensité sonore donnée par un diapason décroît régulièrement. Si l'on prend (fig. 3) des *intervalles égaux* de *t* secondes, par exemple, on constate que l'intensité, à la fin de chaque intervalle, est égale à l'intensité au début de cet intervalle, *multipliée* par une quantité qui ne dépend que du diapason et de la valeur *t* de l'intervalle de temps considéré.

Par exemple, relevons les intensités sonores de cinq en cinq secondes. Nous aurons pour un certain diapason :

secondes :	0	5	10	15	20
é sonore nelle à la fficace) :	1	$1 \times 0{,}8 = 0{,}8$	$0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}64$	$0{,}64 \times 0{,}8 = 0{,}51$	$0{,}51 \times 0{,}8 = 0{,}41$

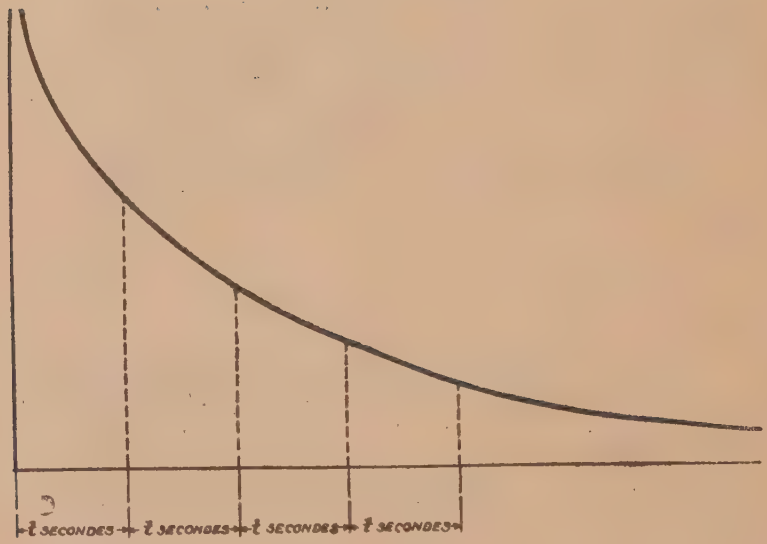
Exprimons en unités de sensation les diverses intensités sonores, rapportées à l'intensité au temps de départ :

vibratoire U. S. :	0	— 2	— 4	— 6	— 8

Nous voyons que l'affaiblissement du son exprimé en U. S. est proportionnel à l'intervalle de temps considéré. Dans le cas présent, il serait de 4 U. S.

pour dix secondes, c'est-à-dire de 0,4 $\frac{\text{U. S.}}{\text{seconde}}$

Fig. 3, page 51



Dans la mesure par le diapason, on part d'une intensité sonore déterminée par les conditions du choc sur le diapason. Cette intensité décroît régulièrement selon une loi immuable (fig. 4).

Pour la percussion normale, donnant une pression efficace initiale représentée par le point A, l'oreille normale cesse d'entendre après soixante secondes (point C). Une certaine oreille déficiente cessera d'entendre au point D, soit seulement après trente-trois secondes.

Si la percussion du diapason est plus intense (point initial en B), l'oreille normale entendra pendant soixante-treize secondes (point E), l'oreille malade pendant quarante-six secondes (point F), mais la *différence* entre la durée d'audition de l'oreille normale et de l'oreille malade est *indépendante de la valeur initiale de la percussion.*

Examinons maintenant, sur le diagramme (fig. 5) une mesure d'audition par l'audiomètre :

En T_1 on donne une intensité assez forte pour bien faire identifier le son.

En T_2 l'intensité est diminuée par bonds de 5 U. S. au moyen du potentiomètre, jusqu'à ce que le patient signale qu'il n'entend plus, bien que le point correspondant soit au-dessus de la ligne de seuil d'audition de cette oreille. A ce moment, on interrompt le courant (période T_3) pour reposer l'oreille.

En T_4, on rétablit le courant : l'audition reparaît et il est possible de réduire encore l'intensité. Pendant toute cette période T_4, on essaye d'encadrer le seuil d'audition.

Fig. 4, page 53

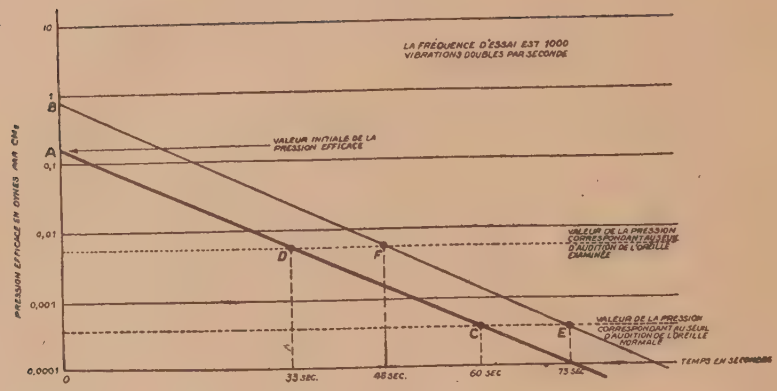
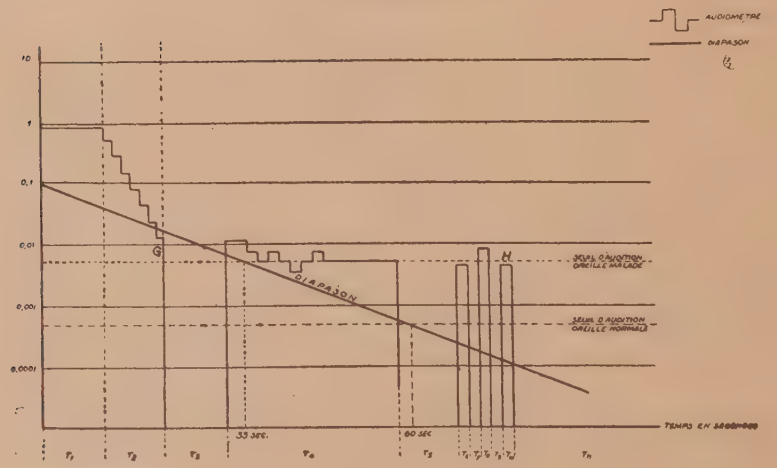

LA FRÉQUENCE D'ESSAI EST 1000 VIBRATIONS DOUBLES PAR SECONDE
VALEUR INITIALE DE LA PRESSION EFFICACE
VALEUR DE LA PRESSION CORRESPONDANT AU SEUIL D'AUDITION DE L'OREILLE EXAMINÉE
VALEUR DE LA PRESSION CORRESPONDANT AU SEUIL D'AUDITION DE L'OREILLE NORMALE
PRESSION EFFICACE EN DYNES PAR CM²
TEMPS EN SECONDES
33 SEC.
48 SEC.
60 SEC
73 SEC

Fig. 5, page 53.



En T_5 T_7 T_9 T_{11}, interruptions de courant, suivies en T_6 T_8 T_{10} etc... de rétablissements de courant à diverses intensités afin de déterminer le seuil d'audition avec la plus grande précision possible.

Un des gros inconvénients de la mesure par diapason est que le seuil d'audition est atteint et dépassé de façon trop fugace.

On constate dans la mesure à l'audiomètre (période T_2) que l'audition cesse au point G lorsque le son a été diminué à partir d'une certaine intensité initiale, tandis que le seuil réel d'audition est au point H, correspondant à une intensité plus faible qu'au point G.

Il est évident que dans la mesure au diapason, le patient indique la cessation d'audition lorsque l'intensité atteint la valeur correspondant au point G.

Or, alors que le point H est bien précis, car on peut le déterminer en laissant reposer l'oreille autant qu'il est nécessaire, l'intensité correspondant au point G dépendra beaucoup de la fatigue du sujet, etc.

Résumé. — L'avantage de l'audiomètre peut se concrétiser en disant que c'est un diapason dont la loi de décroissance de l'intensité n'est plus immuablement liée au temps, ce qui permet de revenir en arrière, de laisser reposer l'oreille, etc...

Le temps n'est donc plus un moyen de mesurer l'affaiblissement du son. Cette mesure est effectuée au moyen du cadran du potentiomètre. Celui-ci est gradué en unités de sensation, dont la signification physique a été expliquée. Ces unités sont indépendantes

des conditions d'expérience et permettent de comparer n'importe quelle oreille à une oreille type dite oreille normale, dont les caractéristiques sont bien connues.

Toutefois, il suffit de se rappeler que les nombres d'unités de sensation correspondant à un affaiblissement donné du son sont proportionnels aux intervalles de temps pendant lesquels un diapason quelconque affaiblira le son dans la même proportion.

Ainsi, un affaiblissement du son exprimé par 15 U. S. sera exprimé également, par exemple, par vingt-cinq secondes d'un certain diapason. Cela veut dire que si une oreille mesurée à l'audiomètre est trouvée, pour un son d'une certaine fréquence (celle-ci caractérisant la hauteur du son), inférieure de 15 U. S. à l'oreille normale, cette oreille cessera d'entendre le son de ce diapason vingt-cinq secondes avant que l'oreille normale cesse de l'entendre. Si une autre oreille était trouvée inférieure de 10 U. S. à l'oreille normale, cette oreille cessera d'entendre le son du

$$\text{même diapason vingt-cinq secondes} \times \frac{10 \text{ U. S.}}{15 \text{ U. S.}}$$

dix-sept secondes avant que l'oreille normale cesse de l'entendre, et ainsi de suite.

Il n'en reste pas moins que les unités de sensation ont une signification précise, tandis que les temps équivalents dépendent du diapason utilisé.

MANIPULATION

Pour mesurer une audition, l'opérateur a intérêt à réduire au maximum les causes possibles d'erreurs.

Le hasard a voulu qu'à la consultation d'O R L. à l'hôpital des Enfants-Malades, nous ayons un local probablement unique. Cette pièce voûtée était utilisée, il y a de bien longues années, pour les bains de vapeurs. Isolée, elle est de plus obscure et à l'abri des bruits extérieurs, presque une « oubliette ». C'est dans cette « chambre du silence » que nous avons mis nos malades, un casque sur la tête et dont les récepteurs sont sur l'oreille homonyme. En mains, un bouton poussoir : le signalisateur. Une consigne : « Dès que vous entendrez, vous presserez sur le bouton, vous ne le lâcherez que lorsque vous ne percevrez plus rien. »

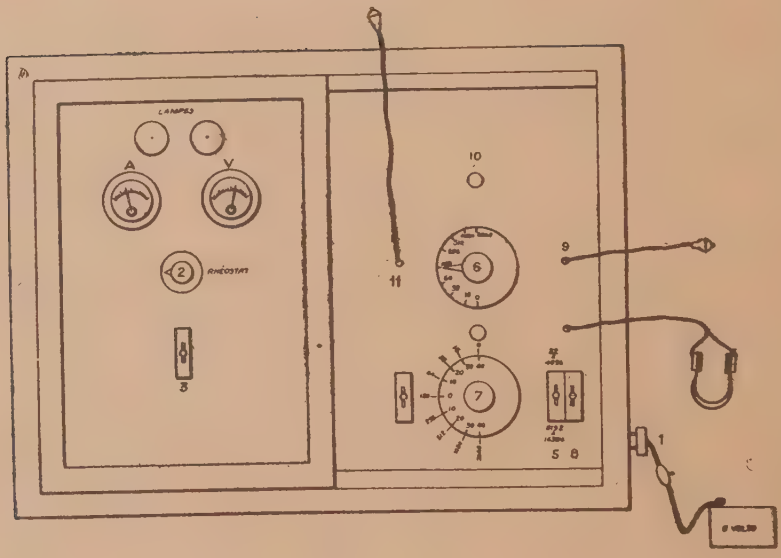
Il est exceptionnel d'être aussi favorisés que nous le fûmes, aussi, le plus souvent, malade et opérateur seront-ils dans la même pièce. Prenez la précaution de mettre le malade le dos à l'appareil, qu'il ne puisse suivre ni vos gestes, ni vos réglages. Evitez tout ce qui pourrait distraire le malade, et en particulier interdisez l'accès de la pièce.

Nous avons dit que la manipulation est des plus simples.

L'appareil est relié à un accumulateur.

Les fiches du casque, du signalisateur (pour le

Fig. 6, page 59.



malade), et de l'interrupteur (pour l'observateur) sont placées dans leur position respective.

Pour plus de clarté, nous avons numéroté sur la fig. 6 les divers organes du tableau, et l'accumulateur qui alimente l'appareil.

Etant donné la description antérieure, il nous semble préférable d'indiquer la manipulation, comme nous le ferions à une infirmière chargée de prendre une audition et d'en tracer le diagramme.

Le tableau de l'appareil peut être considéré formé de deux parties :

Une de mise en fonctionnement et de réglage,
L'autre de mesure.

Mise en fonctionnement. — On déprime la partie claire du bouton 1;

Tournez la manette 2 dans le sens de la flèche, l'aiguille de l'ampèremètre A doit être entre 1,9 et 2;

Vérifier que le voltmètre V, l'aiguille doit marquer 110, quand la clé (3) est en position basse, 135 en position haute.

Dispositif de mesure. — La clé 4 sera abaissée, la position horizontale interromprait le courant.

La clé 5 mise en position haute permettra d'explorer le champ compris entre 32 v. d. et 4.096 v. d. En position basse celui de 4.096 à 16.384, évitant la transmission de sons parasites de fréquences plus basses qui troubleraient l'audition. En position intermédiaire le circuit est interrompu.

Tournez le bouton 6 sur la fréquence à examiner : 256 par exemple.

Mettez le 0 du potentiomètre 7 en regard de 256 (vous êtes au seuil d'audition pour cette fréquence).

La clé 8, en position horizontale, interrompt le courant. Mettez-la en position haute si vous voulez interroger l'oreille droite, en position basse pour la gauche.

Revenez à la manette (7) du potentiomètre, faites-la tourner dans le sens de la flèche jusqu'à donner une audition confortable. Le malade pressant sur le bouton de signalisation (9) le feu rouge (10) s'allume. Faites doucement tourner le bouton (7) du potentiomètre en sens inverse de la flèche. Arrive un moment où la lampe s'éteint : le malade n'entend plus.

Pressez sur le bouton de l'interrupteur (11), coupant ainsi le courant.

Quand l'intensité est devenue très faible, il faut alors laisser quelques secondes de repos à l'oreille, car il devient difficile d'apprécier la présence ou l'absence d'audition. En interrompant et rétablissant successivement le courant, l'effet de contraste permet de déceler sûrement la plus petite audition perceptible.

Ainsi, rapidement, on arrive à déterminer le point limite perçu par le malade; on lit le chiffre du potentiomètre en regard de 256; il est par exemple 80; on le porte sur le diagramme. En répétant l'examen pour l'oreille gauche, on trouve 25 par exemple.

Rien n'est plus facile, par une simple règle de trois, de savoir le pourcentage de perte d'audition. En effet

110 U. S. pour la fréquence considérée, correspond à une perte de 100 %;

Pour O. D. 80 correspondra à une perte de

$$\frac{80}{110} = 72,\ 72\ \%$$

Pour O. G. 25 à une perte de

$$\frac{25}{110} = 22,\ 72,\ 72\ \%$$

Ainsi, rapidement, et avec un facteur d'erreur impossible à éviter, dû au malade lui-même, on aura un pourcentage de perte d'audition ayant une valeur précise.

Répétant la même manœuvre pour les fréquences intéressantes, on obtiendra la courbe d'audition. Elle sera identiquement la même, quel que soit l'observateur, et a une valeur réelle permettant de la comparer à un examen antérieur.

PHONOGRAPHE ACOUMETRIQUE

Pour l'examen d'une audition, l'otologiste recherche comment sont perçus les sons simples par l'oreille malade, tant par la voie osseuse que par la voie aérienne. La comparaison entre les deux constitue un élément très important de diagnostic. Il importait donc, au point de vue instrumental, d'avoir les mêmes possibilités d'interroger ces deux transmissions.

C'est pourquoi on a construit un récepteur pour conduction osseuse, appareil peu encombrant, qui s'adapte à l'audiomètre puisque celui-ci reste le producteur de l'onde vibratoire, et qui permet d'enregistrer la transmission osseuse depuis 32 jusqu'à 8.000 périodes par seconde. Ce dispositif ne peut être réalisé avec des diapasons et des instruments courants. Nous avons une pratique encore insuffisante du « Récepteur pour conduction osseuse », et nous remettons à plus tard la publication de nos expériences.

Si en clinique le facteur personnel d'erreur joue un rôle non négligeable lorsqu'on se sert de diapasons, la cause d'erreur devient indiscutable lorsqu'il s'agit de rechercher deux autres épreuves cliniques : « épreuves de la voix haute et de la voix chuchotée ».

Les classiques disent qu'il est normal d'entendre la voix haute à (tant de) mètres et la voix chuchotée à (tant de) mètres. Mais qu'est la voix haute ? Comment homologuer la voix haute de deux individus, voire même d'un seul, suivant les périodes de la jour-

née et suivant son timbre qui peut être modifié par des causes multiples ?

La voix chuchotée paraît plus « réglementée », pour ainsi dire, puisque l'observateur doit uniquement se servir de l'air résiduel pour prononcer des mots ou des chiffres servant d'étalon-mesure. En réalité, on comprend combien ces distinctions sont factices, quand on voit, par exemple, qu'un violon a une intensité de son absolument différente suivant l'artiste qui l'emploie.

Il importait donc, pour se conformer aux principes mêmes que nous avons décrits, d'avoir également un appareil susceptible de remplacer les épreuves si empiriques de la voix haute et de la voix chuchotée. Il a été réalisé partiellement tout au moins par un phonographe.

Comme la plupart des phonographes, il est actionné par un ressort. La vitesse de rotation du disque est réglée de façon à être le plus uniforme possible. Le reproducteur n'est pas celui habituellement employé, mais un reproducteur magnétique. Ce dernier recueille les vibrations nées du disque, les transforme en vibrations électriques qui sont ensuite transmises à des récepteurs perfectionnés analogues à ceux dont nous avons déjà parlé. Aucun accumulateur, ni aucune source électrique n'est nécessaire.

Ainsi il permet de transmettre jusqu'à l'oreille un son plus uniforme que celui émis par l'auriste, et, de plus, il sera indépendant de la distance entre le sujet et l'observateur.

De plus, il est possible de brancher plusieurs récepteurs. On peut ainsi examiner successivement les deux oreilles d'un grand nombre de sujets. La valeur de l'intensité des sons transmis à chacun des sujets étant la même. Ce n'est donc plus en fonction de la distance (entre l'otologiste et le malade) que l'on mesurera la valeur de l'audition, mais en fonction de l'intensité du son émis par le disque.

Les disques sont étudiés spécialement. Ils permettent d'émettre deux séries de chiffres en voix de femme, dont l'intensité sonore décroît progressivement, puis deux séries analogues en voix d'homme. Pour éviter d'introduire le facteur mémoire, qui serait une cause d'erreur, les nombres des diverses séries sont tous différents. Mais ils ont été choisis, pour chaque série, de façon à ce que la difficulté soit progressivement décroissante, c'est dire que chaque chiffre correspond approximativement à un degré d'audition.

Cet appareil trouve surtout une application pratique chaque fois qu'il s'agit d'examiner, simultanément, l'audition d'un grand nombre de sujets. Il est en effet possible, sans modifier en rien les conditions d'examen, de brancher quarante casques. En Amérique, il sert en particulier dans les écoles. N'est-il pas, en effet, de toute première importance d'évaluer l'audition des enfants au même titre que leur acuité visuelle ? Pour tirer le maximum de bénéfices de l'enseignement qu'il reçoit, l'enfant doit être mis dans

les meilleures conditions possibles d'audition et de visibilité.

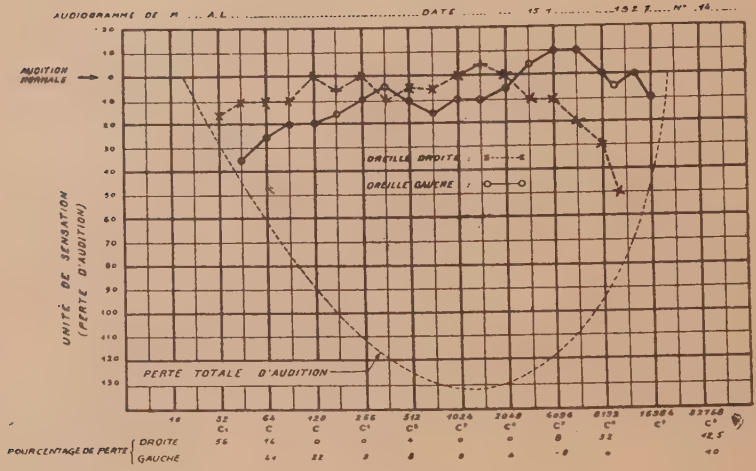
Point n'est besoin d'être médecin pour étudier l'audition avec le phonographe.

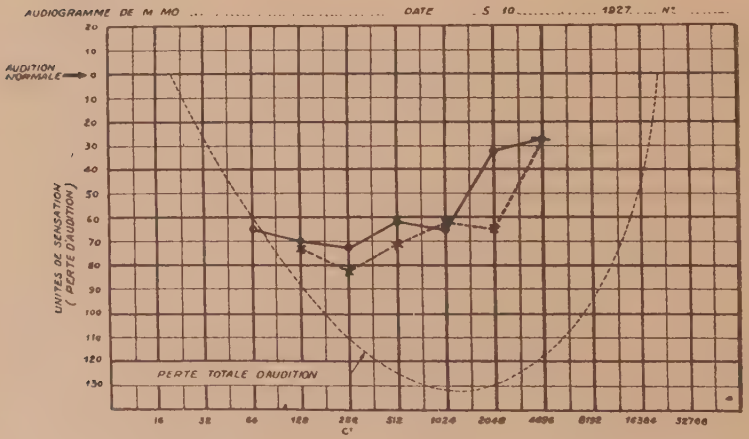
L'instituteur distribue à chacun de ses élèves une feuille préparée pour cette nouvelle forme de « composition ». Les enfants sont aujourd'hui habitués au casque de T. S. F., et l'épreuve qu'ils vont subir les intéresse. Ceci permet de s'assurer le maximum de coopération possible.

L'audition finie, l'instituteur ramasse les feuilles, les reporte au barème qui a été basé sur un grand nombre d'examens; il lui est facile de classer ses élèves suivant leur degré d' « audibilité », et de mettre près de lui ceux dont l'inattention était liée à une mauvaise audition.

En *résumé*, et même avec ses imperfections, ce phonographe présente deux avantages : l'un clinique, une plus grande rigueur dans les épreuves dites de la voix chuchotée et de la voix haute; l'autre en hygiène scolaire, est rapide et simultané d'un grand nombre d'élèves.

OBSERVATIONS


AUDIOGRAMME DE M ... A.L. ... DATE ... 13 7 ... 192 7 ... N° 14 ...
AUDITION NORMALE
UNITÉ DE SENSATION (PERTE D'AUDITION)
OREILLE DROITE : X——X
OREILLE GAUCHE : O——O
PERTE TOTALE D'AUDITION
16 32 64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384 32768
C1 C C C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8
POURCENTAGE DE PERTE
DROITE 56 14 0 0 4 0 0 8 32 42,5
GAUCHE 44 22 8 8 8 4 -8 0 40

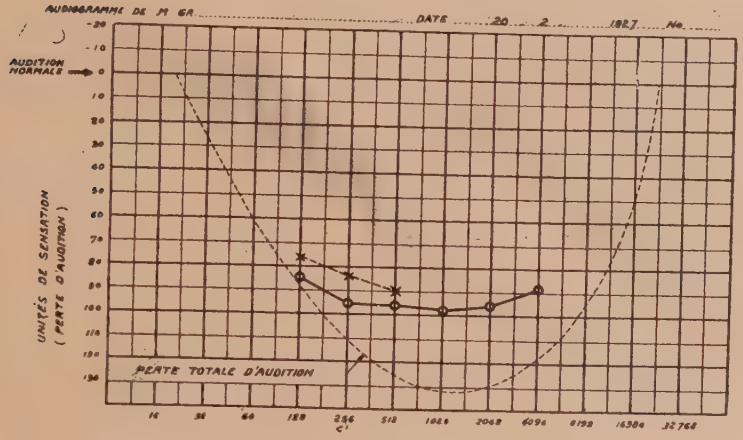

AUDIOGRAMME DE M MO ... DATE ... S 10 ... 1927 ... N°
AUDITION NORMALE
UNITES DE SENSATION (PERTE D'AUDITION)
PERTE TOTALE D'AUDITION
16 32 64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384 32768
C1

M. GRE... 35 ans.
Propriétaire fermier.

Surdité partielle à la naissance.
Jamais d'écoulement d'oreille
Oreillons en 1925, depuis audition très diminuée.

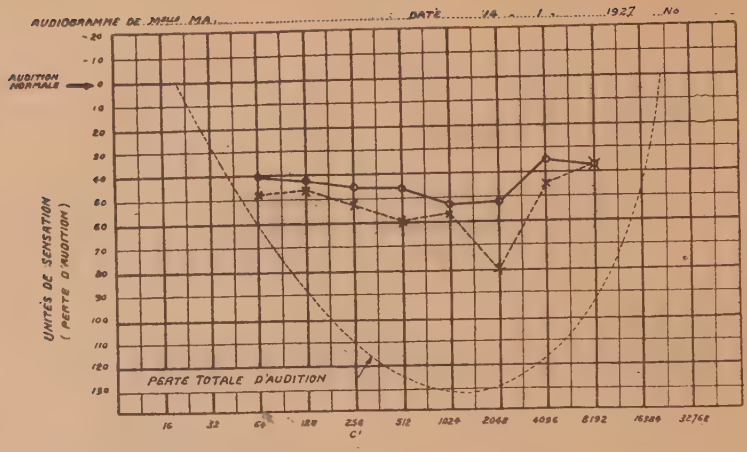
Perception osseuse :

128 appliqué sur la mastoide gauche, le malade dit percevoir à droite.



dit entendre mieux de la gauche.

0 montre os 0
0 air 0
Weber
0 128 os 4"
0 air 0
0 435 os 8
0 air 0
0 voix criée au contact


AUDIOGRAMME DE Mlle MA.
DATE 14 1 1927 No
AUDITION NORMALE
UNITÉS DE SENSATION (PERTE D'AUDITION)
PERTE TOTALE D'AUDITION
16 32 64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384 32768
C'

Mlle MA... 19 ans.

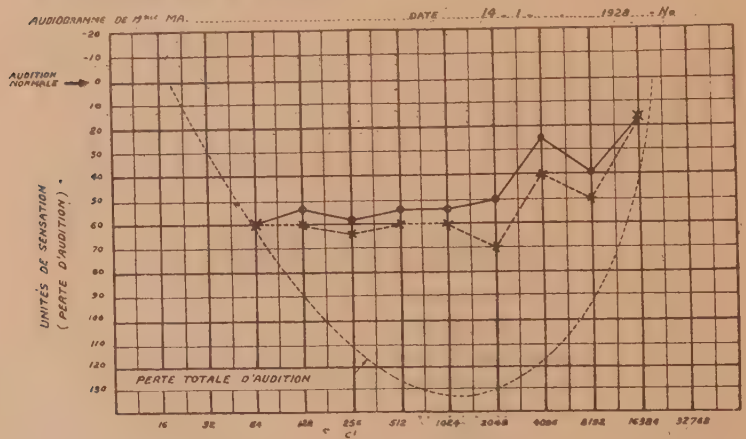
Fille de salle.

Examinée en janvier 1927 pour hypoacousie bilatérale datant de 8 ans.

B. W négatif.

Un traitement à l'iode, une série d'insufflations tubaires n'améliorent pas son état.

Nous voyons la malade en janvier 1928. Se plaint de surdité prédominant à droite.


AUDIOGRAMME DE Mlle MA.
DATE 14 1 1928 No
AUDITION NORMALE
UNITÉS DE SENSATION (PERTE D'AUDITION)
PERTE TOTALE D'AUDITION
16 32 64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384 32768
C'

Examen physique :

— montre os +

4 c/m air 7 c/m

— Rinné —

——— Weber ———

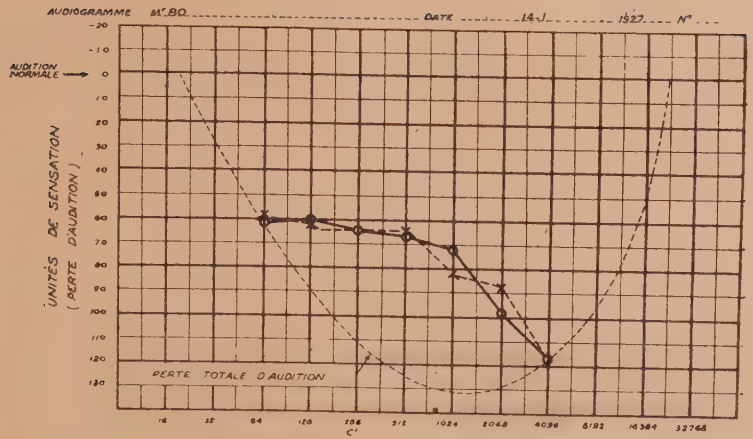
0 voix basse grave 0

0 aigue 10 c/m

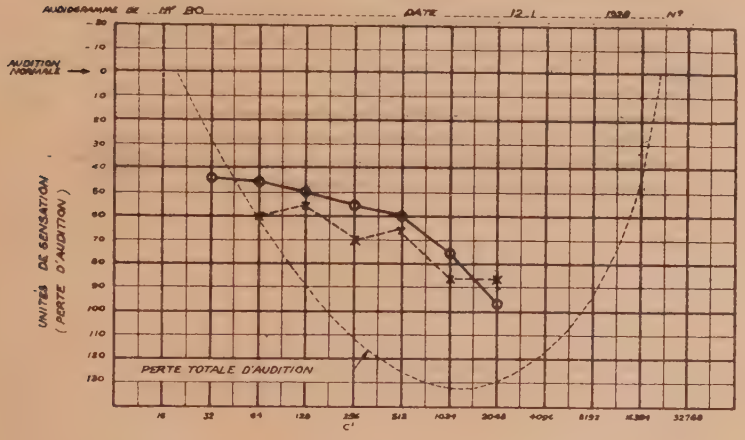
0 voix haute grave 20 c/m

25 c/m aigue 60 c/m

M. BO... 47 ans.
Comptable.



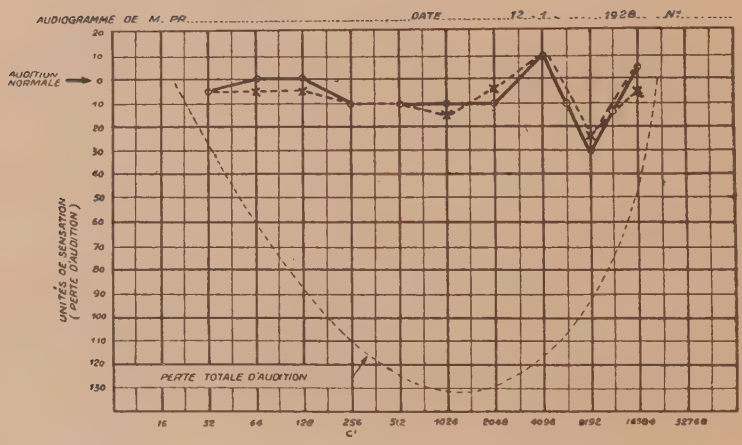
Dit entendre mieux de l'oreille gauche (antécédents héréditaires : surdité familiale précoce).



Examen physique :

Audiogrammes 14-I-27
12-I-28.

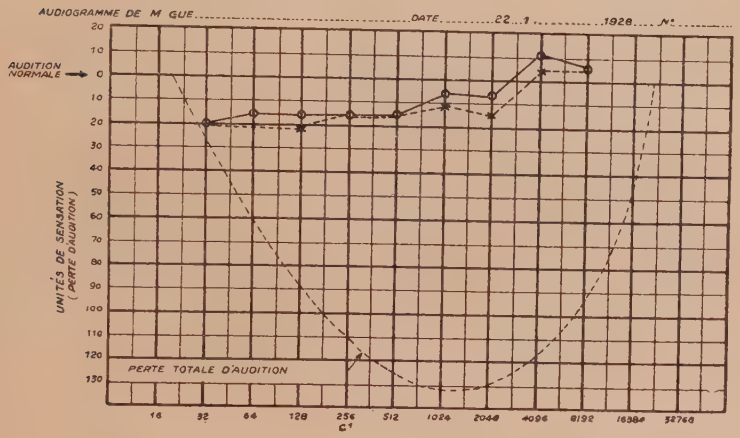
M. J. PR... 14 ans 1/2
Lycéen.



Mlle GUE... 18 ans 1/2.
Fille de salle.

Audition normale jusqu'il y a un mois 1/2. Sensation d'un bouchon dans l'oreille.

Angine rétro-nasale.


AUDIOGRAMME DE M GUE
DATE 22...1 1928 N°
AUDITION NORMALE
UNITÉS DE SENSATION (PERTE D'AUDITION)
PERTE TOTALE D'AUDITION
16 32 64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384 32768
C¹

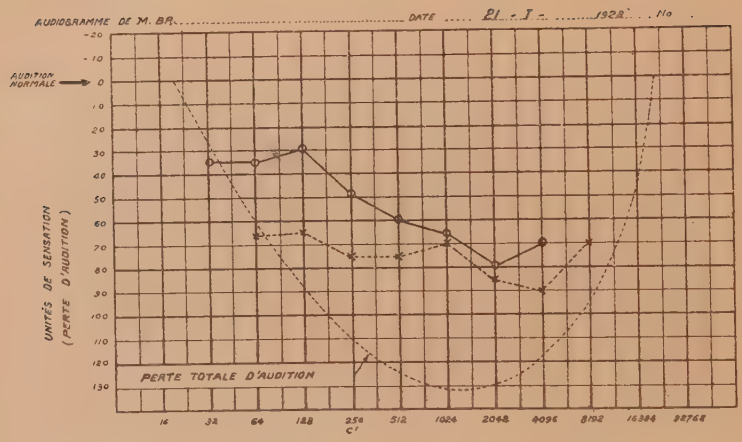
Weber

	+	montre	os	+
1,20	+		air	50
	15	128	os	25
	40		air	45
	27	435	os	25
	60		air	50

M. BR... 23 ans.

Dessinateur.

Dit n'avoir jamais eu d'otite.



Examen physique :

Oreilles : tympans *très* déprimés des deux côtés.

0 montre os 0
0 air 0

30" 128 os 28"
15 air 35"

14" 512 os 13"
10" air 10"

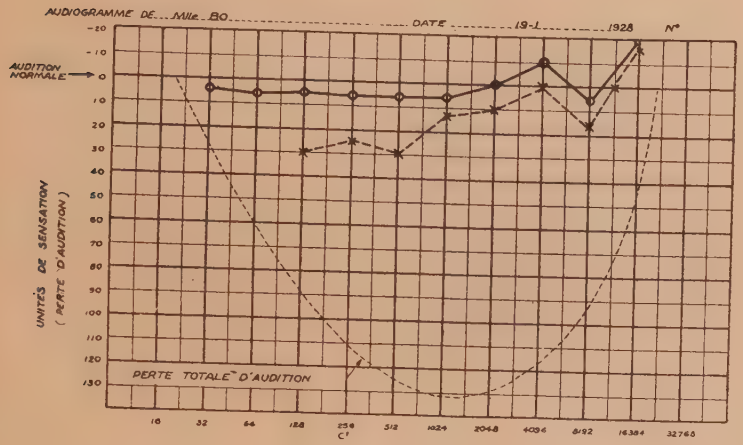
0 voix chuchotée aigue 0
0 grave 0

10 c/m haute aigue 12 c/m
5 c/m grave 8 c/m

Mlle BO... 13 ans 1/2.

Ecolière.

Dans les antécédents héréditaires collatéraux il existe des troubles de l'audition.



L'examen O. R. L. ne montre rien d'anormal

1 m. montre aérien 1 m.
+ os +

Weber
+ Ronné +

35" 128 aérien 40"
15" os 15"

50" 512 aérien 40"
10" os 15"

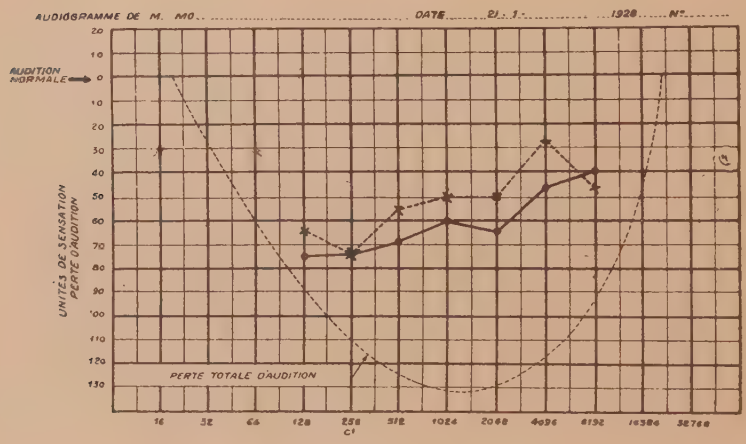
1 voix chuchotée grave 1
1 aigue 1

2 février 1928 = deuxième insufflation tubaire : entend mieux.

Mme MO...

Surdité débute il y a quatre ans et augmente au cours d'une grossesse.

Soignée par le Dr Lanos pour otospongieuse.



Examen physique le 5-10-27 =

+	montre	os	+
1		air	0

—— Weber ——

13	128	os	12
		air	0
20	435	os	15
0		air	0

audiogramme

Le 21-1-28 =

\+ montre os +
\+ air 0

—— Weber ——

26 — 128 — os 23
5 — air 0

28 — 435 — os 22
air 0

28 — 512 — os 37
12 — air 5

60 c/m voix chuchotée grave — 5 c/m
80 aigue — 15

2,50 voix haute grave — 1,50
7 aigue — 5

CONCLUSIONS

Il semble que si les audiomètres antérieurement décrits n'ont pas trouvé d'application clinique, c'est qu'ils répondaient imparfaitement à nos besoins : manque d'unité étalon; mesures faussées par l'appareil dont le contrôle n'était pas rigoureux.

L'audiomètre que nous venons de décrire a su introduire une donnée fondamentale nouvelle : l'unité de sensation. Appliquée aux sons élémentaires, elle a permis la construction d'un appareil. Si celui-ci n'est pas exempt de critiques, il est du moins d'une précision physique absolue.

Sa manipulation est simple, et les résultats de mesures obtenues par un observateur, même incapable de comprendre son principe essentiel, auront même valeur et même précision qu'avec le médecin lui-même.

Cette précision, — application d'une unité de sensation, — permet de comparer utilement les graphiques tracés aux différentes phases de l'évolution d'un cas donné.

Elle permet également à l'otologiste de joindre un diagramme au compte rendu qu'il adresse à un de ses confrères.

Nous nous proposons, en outre, d'expérimenter un transmetteur osseux qui s'adapte sur l'audiomètre.

En somme, appareil précis et indépendant de l'observateur, du temps et du méridien.

C'est pour cette même raison de précision qu'on a proposé de remplacer l'épreuve classique, dite de la

voix haute et de la voix chuchotée, par un phonographe dont les disques correspondent à un barème d'audition.

En résumé, l'idée maîtresse est de remplacer l'observateur, et toutes ses chances d'erreur, par un examen instrumental avec toutes ses chances de précision.

C'est dire qu'on se trouve en présence d'appareils susceptibles d'apporter des éléments importants à la physiologie de l'audition.

Dès maintenant, dans la pratique, l'audiomètre est utilisé non seulement pour aider au diagnostic clinique, mais trouve encore de nombreuses applications, comme dans les expertises judiciaires et les assurances (vie et accidents du travail). Il a été utilisé en France, en particulier, pour l'examen des candidates aux P. T. T. à titre d'essai; mais, à l'étranger, il sert à tester les candidats aux grandes Ecoles, les chauffeurs de taxis, les employés de chemins de fer, les sans-filistes, etc... Enfin, dans les écoles, l'audiomètre, associé au phonographe, permet de classer les enfants suivant leur acuité auditive, et de faire figurer cette dernière au même titre que l'acuité visuelle sur les livrets scolaires.

Vu le Doyen
H. ROGER

Vu le Président
SEBILEAU

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris
CHARLETY

BIBLIOGRAPHIE

CRANDALL et D. MAC KENZIE. — Analysis of the Energy Distribution in Speech. (*The Bell System Technica Journal*, vol. 1, n° 1, July 1922.)

FLETCHER AND R.-L. WEGEL. — The Frequency-Sensitivity of Normal Ears. (*The Physical Review. N. S.*, vol. XIX, n° 6, p. 553, June 1922.)

H. FLETCHER. — The Nature of Speech and Its Interpretation. (*Journal of the Franklin Institute*, vol. 193, n° 6, p. 729, June 1922.)

H. FLETCHER. — Physical Measurements of audition. (*Journal of the Franklin Institute*, Aug. 1923.)

H. FLETCHER. — Audiometric measurements and their uses. (*Transactions of the College of Phys. of Philadelphia*, 1923.)

J.-L. DELVAUX. — Communication à la Société Française des Electriciens. (*Bulletin* de mai 1927, p. 584.)

J.-L. DELVAUX. — Annales des Postes et Télégraphes et Téléphones. (Janv. 1927, p. 32.)

E. P. FOWLER M. D. AND R. L. WEGEL. — Audiometric Methods and Their Applications. (*The Transactions of the American Laryngological, Rhinological and Otological Society Washington*, mai 1922.)

R. V. L. HARTLEY. — The function of Phase Difference in the Binaural Location of Pure Tones. (*The Physical Review N. S.*, vol. XIII, n° 6, June 1919.)

R. V. L. HARTLEY AND C. FRY. — The Binaural Location of Pure Tones. (*The Physical Review N. S.*, vol. XVIII, n° 6, December 1921.)

R. V. L. HARTLEY AND C. FRY. — The Binaural Location of Complex Sounds. (*The Bell System Technical Journal*, vol. I, n° 2, November 1922.)

R. L. JONES. — The Nature of Language. (*Electrical Communication*, vol. II, n° 1, July 1923.)

V. O. KNUDSEN. — The Sensibility of the Ears small

differences of intensity and frequency. (*The Physical Review N. S.*, vol. XXI, n° I, p. 84.) Gauthier-Villars, 1923.

D. MARAGE. — L'audition et ses variations.

D. MAC-KENZIE. — The Relative Sensitivity of the Ear. (*The Physical Review, N. S.* vol. XX, n° 4, October 1922.)

R. L. WEGEL. — Physical Examination of Hearing. (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 8, n° 7, p. 155, July 1922.)

R. V. WEGEL. — The Physical Characteristics of Audition and Dynamical Analysis of the External Ear. (*The Bell System Technical Journal*, vol. I, n° 1, July 1922.)

Imp. « Je Sers », Clamart. — 3-1928. — 5378.